

PAT-NO: JP411149620A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11149620 A

TITLE: MAGNETIC HEAD

PUBN-DATE: June 2, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TATEYAMA, KOICHI	N/A
YODA, HIROAKI	N/A
KOBAYASHI, TADAHICO	N/A
SAKATA, HIROMI	N/A
HARA, MICHICO	N/A
HORI, AKIO	N/A
KOIZUMI, TAKASHI	N/A
NAGATA, TOMOHIKO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TOSHIBA CORP	N/A

APPL-NO: JP10253019

APPL-DATE: September 7, 1998

INT-CL (IPC): G11B005/31

ABSTRACT:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the magnetic field strength and the magnetic field gradient by suppressing magnetic saturation in the vicinity of tips of magnetic poles in the case of selecting a narrow recording track width of the thin film magnetic head.

**SOLUTION:** The magnetic head has at least a magnetic pole tip 21a placed at a position in contact with a magnetic gap in a couple of upper and lower magnetic poles and an auxiliary magnetic pole 21b wider than the tip 21a. A part in the vicinity of a medium opposed face of the T-shaped magnetic poles as above is made up of a laminated film consisting of a magnetic material layer 23 with a high saturation magnetic flux density forming part of the magnetic pole tips and part of the auxiliary in the vicinity thereof and consisting of a magnetic material layer 24 with a low saturation magnetic flux density forming the remaining parts of the auxiliary magnetic pole. Or in the case of forming a tip of the magnetic pole whose track width is

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-149620

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月2日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

G 1 1 B 5/31

識別記号

F I

G 1 1 B 5/31

C

D

K

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平10-253019

(22) 出願日 平成10年(1998) 9月7日

(31) 優先権主張番号 特願平9-245298

(32) 優先日 平 9 (1997) 9月10日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 館山 公一

神奈川県川崎市幸区堀川町72 株式会社東芝  
芝川崎事業所内

(72) 発明者 奥田 博明

神奈川県川崎市幸区堀川町72 株式会社東芝  
芝川崎事業所内

(72) 発明者 小林 忠彦

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式  
会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 弁理士 須山 佐一

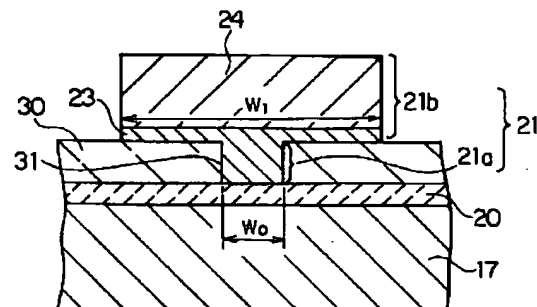
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 薄膜磁気ヘッドの記録トラック幅を狭トラック化する場合において、磁極の先端部近傍での磁気飽和を抑制し、これにより磁界強度および磁界傾度の向上を図る。

【解決手段】 上下一対の磁極のうち、少なくとも一方は磁気ギャップと接する位置に配置された磁極チップとこれより幅広の補助磁極とを有している。このようなT字型磁極の媒体対向面近傍部分は、磁極チップとその近傍の補助磁極の一部を構成する高飽和磁束密度の磁性材料層と、補助磁極の残余の部分を構成する低飽和磁束密度の磁性材料層との積層膜で構成されている。あるいは、高飽和磁束密度の磁性材料層と低飽和磁束密度の磁性材料層との積層膜で、トラック幅が $1.8\mu\text{m}$ 以下の磁極の先端部を構成する場合において、高飽和磁束密度の磁性材料層の厚さを $0.5\mu\text{m}$ 以上とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 媒体対向面に位置するように配置された磁気ギャップと、前記磁気ギャップを挟持するように配置され、少なくとも一方が前記磁気ギャップと接する磁極チップと前記磁極チップより幅広の補助磁極とを有するT字型磁極からなる一対の磁極と、前記磁極と差交するように、前記一対の磁極間に配置されたコイルとを具備する磁気ヘッドにおいて、

前記T字型磁極は、飽和磁束密度が異なる2種類またはそれ以上の磁性材料層の積層膜を有し、前記積層膜中の磁性材料層のうち前記磁気ギャップ側に配置された高飽和磁束密度を有する磁性材料層は、前記磁極チップとその近傍の前記補助磁極の一部を構成していることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項2】 請求項1記載の磁気ヘッドにおいて、前記磁極チップの前記磁気ギャップと接する部分の幅は $1.8\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項3】 請求項1または請求項2記載の磁気ヘッドにおいて、

前記T字型磁極は、飽和磁束密度 $Bs_1$ を有し、前記磁極チップとその近傍の前記補助磁極の一部を構成している第1の磁性材料層と、前記飽和磁束密度 $Bs_1$ より小さい飽和磁束密度 $Bs_2$ を有し、前記補助磁極の残余の部分構成している第2の磁性材料層とを有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項4】 請求項3記載の磁気ヘッドにおいて、前記T字型磁極は、さらに前記飽和磁束密度 $Bs_1$ より大きい飽和磁束密度 $Bs_3$ を有し、前記磁気ギャップと接するように配置された第3の磁性材料層を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項5】 請求項1記載の磁気ヘッドにおいて、前記磁極チップの前記磁気ギャップと接する部分の幅を $W_0$ 、前記第1の磁性材料層により構成された前記補助磁極の一部と前記第2の磁性材料層により構成された前記補助磁極の残余の部分とが接する部分の幅を $W_1$ としたとき、前記第1の磁性材料層と前記第2の磁性材料層は、 $W_1/W_0 \geq Bs_1/Bs_2$ の関係を満足することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項6】 媒体対向面に位置するように配置された磁気ギャップと、前記磁気ギャップを挟持するように配置された一対の磁極と、前記磁極と差交するように、前記一対の磁極間に配置されたコイルとを具備する磁気ヘッドにおいて、前記一対の磁極のうち少なくとも一方の磁極は、前記磁気ギャップと接する部分の幅が $1.8\mu\text{m}$ 以下であり、かつ前記媒体対向面近傍が飽和磁束密度が異なる2種類またはそれ以上の磁性材料層の積層膜により構成されていると共に、前記積層膜のうち前記磁気ギャップ側に配置された高飽和磁束密度を有する磁性材料層の厚さが $0.5\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項7】 媒体対向面に位置するように配置された磁気ギャップと、前記磁気ギャップを挟持するように配置された一対の磁極と、前記磁極と差交するように、前記一対の磁極間に配置されたコイルとを具備する磁気ヘッドにおいて、前記一対の磁極のうち少なくとも一方の磁極は、前記媒体対向面の幅が $1.8\mu\text{m}$ 以下および前記媒体対向面に対して垂直方向の高さが $2\mu\text{m}$ 以下の形状を有する凸部を備え、かつ前記媒体対向面近傍が飽和磁束密度が異なる2種類またはそれ以上の磁性材料層の積層膜により構成されていると共に、前記積層膜のうち前記磁気ギャップ側に配置された高飽和磁束密度を有する磁性材料層の厚さが $0.5\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項8】 請求項6または請求項7記載の磁気ヘッドにおいて、

前記磁極は、前記磁気ギャップ側に配置され、飽和磁束密度 $Bs_1$ を有する第1の磁性材料層と、前記飽和磁束密度 $Bs_1$ より小さい飽和磁束密度 $Bs_2$ を有し、前記第1の磁性材料層と積層された第2の磁性材料層とを有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項9】 請求項8記載の磁気ヘッドにおいて、前記磁極は、さらに前記飽和磁束密度 $Bs_1$ より大きい飽和磁束密度 $Bs_3$ を有し、前記磁気ギャップと接するように配置された第3の磁性材料層を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項10】 請求項1、請求項6または請求項7記載の磁気ヘッドにおいて、

前記積層膜は、磁性層と非磁性層との多層膜または磁性層同士が多層膜からなる磁性材料層を有することを特徴とする磁気ヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、狭トラック化した際の磁極先端部での磁気飽和を抑制した薄膜磁気ヘッドに関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、磁気記録密度の高密度化が進められている。例えば、HDDでは $1\text{Gbps}/\text{inch}^2$ という高記録密度のシステムが実用化されており、またさらなる記録密度の高密度化が要求されている。このような磁気記録の高密度化を達成するために、薄膜磁気ヘッドの記録トラック幅の狭トラック化、狭トラック下での記録磁界の増大、および線方向の記録磁界分布における磁界傾度の急峻化が技術課題とされている。

【0003】図18は従来の一般的な記録ヘッドとしての薄膜磁気ヘッドの概略構造を示す図である。図18において、1は下部磁極である。下部磁極1上には記録磁気ギャップ2を介して上部磁極3が形成されている。上部磁極3はトラック幅に応じた形状の媒体対向面(ABS面)を有する。上部磁極3は、媒体対向面の近傍部分

からコイル（図示せず）が配置されている後方部分に向けて、扇状に広がった形状を有している。図18に示したような形状の磁極3は、狭トラック化に対応させた先端部を、従来のヘッド製造工程では精度よく加工することが難しい。さらに、磁極3の幅が狭くなっている部分（ネック部4）で磁気飽和が起こり、大きな記録磁界を発生させることが困難になってきている。

【0004】記録磁界強度を増やすために、バルクヘッドで使用されているMIG（Metal In Gap）ヘッドと同様な構造を、薄膜磁気ヘッドに適用することが試みられている。すなわち、磁気ギャップと対向する部分に厚さ0.2 $\mu$ m程度の極薄い高飽和磁束密度を有する磁性材料層を配置した薄膜磁気ヘッドである。このような薄膜磁気ヘッドの記録トラック幅を狭トラック化していった場合、飽和磁束密度が異なる2つの磁性材料層の積層部分において、低飽和磁束密度層側で磁気飽和が生じる。従って、記録磁界強度が低下するだけでなく、磁界傾度も低下するため、線方向の分解能が低下し、NLTS（Non Linear Transition Sift）の劣化といった問題が生じてしまう。

【0005】さらに、磁極先端に向けて幅が狭くなる部分での磁気飽和を回避するために、図19に示すようなT字形の薄膜磁気ヘッドが提案されている。図19に示す薄膜磁気ヘッドは、少なくとも一方の磁極（図19では上部磁極5）の媒体対向面近傍部分を、記録磁気ギャップ2と接する磁極チップ（磁極先端部5a）と、それよりも幅の広い補助磁極5bとにより構成し、磁極5の媒体対向面の形状をT字型としている。

【0006】T字型の磁極5は、例えば図20に示すように、記録磁気ギャップ2上に設けた絶縁層6に所定のトラック幅を有するトレンチ7を形成し、このトレンチ7内に磁性層を埋め込み形成することにより実現することができる。このようなトレンチ7を利用したT字型磁極5は、磁極チップ5aの形状や形成位置などをトレンチの形状により制御することができることから、狭トラック化した磁極チップ5aを高精度に実現可能とするものである。

【0007】しかしながら、T字型磁極5でより一層の狭トラック化を達成するために、磁極チップ5aのギャップ対向面の幅を狭くしていくと、磁極チップ5aと補助磁極5bとの積層部分（接続部）8で磁束の集中による磁気飽和が起こる。この場合にも、記録磁界強度や磁界傾度の低下という問題が生じる。

【0008】T字型磁極5において、磁極チップ5aに補助磁極5bより飽和磁束密度が大きい磁性材料を適用することも検討されている。しかし、このような構造においても、磁極チップ5aと補助磁極5bとの積層部分での磁気飽和を十分に防ぐことはできない。

【0009】例えば、記録磁界強度を増大させるために、記録磁界を増加していくと磁極チップ5aと補助磁

極5bとの積層部分で磁気飽和が起こる。積層部分で磁気飽和が起きると、高飽和磁束密度を有する磁性材料を使用した磁極チップ5aに十分な磁束を流すことができなくなり、記録電流の増加に見合うほど磁界強度を向上させることができない。さらに、磁気飽和をおこした部分から漏れ出す磁界により線方向の磁界傾度も低下して、NLTSの劣化といった問題が生じる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来の薄膜磁気ヘッドは、狭トラック化した場合にヘッドのいずれかの部分で磁気飽和が起こりやすいという問題を有している。このような磁気ヘッドにおける磁気飽和は、記録磁界強度や磁界傾度の低下原因、さらにはNLTSの劣化原因となるため、磁気記録密度の高密度化を妨げている。

【0011】本発明はこのような課題に対処するためになされたもので、記録トラック幅を狭トラック化した場合において、磁極の先端部近傍での磁気飽和を抑制し、これにより優れた磁界強度および磁界傾度を得ることを可能にした磁気ヘッドを提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明における第1の磁気ヘッドは、請求項1に記載したように、媒体対向面に位置するように配置された磁気ギャップと、前記磁気ギャップを挟持するように配置され、少なくとも一方が前記磁気ギャップと接する磁極チップと前記磁極チップより幅広の補助磁極とを有するT字型磁極からなる一対の磁極と、前記磁極と差交するように、前記一対の磁極間に配置されたコイルとを具備する磁気ヘッドにおいて、前記T字型磁極は、飽和磁束密度が異なる2種類またはそれ以上の磁性材料層の積層膜を有し、前記積層膜中の磁性材料層のうち前記磁気ギャップ側に配置された高飽和磁束密度を有する磁性材料層は、前記磁極チップとその近傍の前記補助磁極の一部を構成していることを特徴としている。

【0013】本発明の第1の磁気ヘッドは、請求項2に記載したように、特に磁極チップの磁気ギャップと接する部分の幅が1.8 $\mu$ m以下である場合に効果的である。

【0014】また、T字型磁極は例えば請求項3に記載したように、飽和磁束密度Bs<sub>1</sub>を有すると共に、磁極チップとその近傍の補助磁極の一部を構成している第1の磁性材料層と、飽和磁束密度Bs<sub>1</sub>より小さい飽和磁束密度Bs<sub>2</sub>を有し、補助磁極の残余の部分構成している第2の磁性材料層とを有している。T字型磁極は請求項4に記載したように、さらに飽和磁束密度Bs<sub>1</sub>より大きい飽和磁束密度Bs<sub>3</sub>を有し、磁気ギャップと接するように配置された第3の磁性材料層を有していてもよい。

【0015】本発明の第1の磁気ヘッドにおいては、高

飽和磁化を有する磁性材料層で、磁極先端部を構成する磁極チップのみならず、磁極チップ近傍の補助磁極の一部を構成している。従って、トラック幅に対応して幅の狭い磁極チップと補助磁極との接続部分における磁気飽和を抑制することができる。このように、磁極チップと補助磁極との接続部分での磁気飽和を抑制することによって、記録トラックの狭トラック化を進めた場合においても、良好な記録磁界強度と磁界傾度を得ることが可能となる。特に、記録磁界強度を上げるために記録電流を増加させた際に、それに見合った磁界強度を得ることができ、さらには磁界傾度の急峻化を達成することができる。

【0016】本発明の第2の磁気ヘッドは、請求項6に記載したように、媒体対向面に位置するように配置された磁気ギャップと、前記磁気ギャップを挟持するように配置された一対の磁極と、前記磁極と差交するように、前記一対の磁極間に配置されたコイルとを具備する磁気ヘッドにおいて、前記一対の磁極のうち少なくとも一方の磁極は、前記磁気ギャップと接する部分の幅が  $1.8\mu\text{m}$  以下であり、かつ前記媒体対向面近傍が飽和磁束密度が異なる2種類またはそれ以上の磁性材料層の積層膜により構成されていると共に、前記積層膜のうち前記磁気ギャップ側に配置された高飽和磁束密度を有する磁性材料層の厚さが  $0.5\mu\text{m}$  以上であることを特徴としている。

【0017】本発明の第3の磁気ヘッドは、請求項7に記載したように、媒体対向面に位置するように配置された磁気ギャップと、前記磁気ギャップを挟持するように配置された一対の磁極と、前記磁極と差交するように、前記一対の磁極間に配置されたコイルとを具備する磁気ヘッドにおいて、前記一対の磁極のうち少なくとも一方の磁極は、前記媒体対向面の幅が  $1.8\mu\text{m}$  以下および前記媒体対向面に対して垂直方向の高さが  $2\mu\text{m}$  以下の形状を有する凸部を備え、かつ前記媒体対向面近傍が飽和磁束密度が異なる2種類またはそれ以上の磁性材料層の積層膜により構成されていると共に、前記積層膜のうち前記磁気ギャップ側に配置された高飽和磁束密度を有する磁性材料層の厚さが  $0.5\mu\text{m}$  以上であることを特徴としている。本発明の第2および第3の磁気ヘッドにおいて、上記した磁極は例えば請求項8に記載したように、磁気ギャップ側に配置され、飽和磁束密度  $B_{s1}$  を有する第1の磁性材料層と、飽和磁束密度  $B_{s1}$  より小さい飽和磁束密度  $B_{s2}$  を有し、第1の磁性材料層と積層された第2の磁性材料層とを有する。上記した磁極は請求項9に記載したように、さらに飽和磁束密度  $B_{s1}$  より大きい飽和磁束密度  $B_{s3}$  を有し、磁気ギャップと接するように配置された第3の磁性材料層を有しているもよい。

【0018】本発明の第2および第3の磁気ヘッドでは、記録トラック幅を  $1.8\mu\text{m}$  以下と狭トラック化する

場合に、高飽和磁束密度を有する磁性材料層の厚さを  $0.5\mu\text{m}$  以上としている。すなわち、トラック幅が比較的広い場合には、磁束の集中が少ないために、ギャップ近傍の極狭い領域のみに高飽和磁束密度を有する磁性材料を配置することによって、磁界傾度を大きくしていた。これに対し、記録トラック幅を  $1.8\mu\text{m}$  以下と狭トラック化する場合には、磁束の集中が激しく磁気飽和の影響が大きくなる。このため、高飽和磁束密度を有する磁性材料層の厚さを  $0.5\mu\text{m}$  以上と厚くすることによって、良好な記録磁界強度と磁界傾度を得ることが可能となる。

【0019】特に、第3の磁気ヘッドのように、磁極の媒体対向面を幅  $1.8\mu\text{m}$  以下および高さ  $2\mu\text{m}$  以下の凸部で構成することによって、幅  $1.8\mu\text{m}$  以下という狭トラックを精度よく形成することができる。この際、媒体対向面に対して垂直方向の高さがあまり高いと磁界強度が大きく低下してしまうため、凸部の媒体対向面に対して垂直方向の高さは  $2\mu\text{m}$  以下とする。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施するための形態について、図面を参照して説明する。

【0021】図1は、本発明の磁気ヘッドを用いた録再生分離型磁気ヘッドの一実施形態の要部構成を一部切り欠いて示す図である。同図において、11は基板であり、この基板11には例えば  $\text{Al}_2\text{O}_3$  層を有する  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$  基板が用いられる。基板11上には  $\text{NiFe}$  合金やアモルファス  $\text{CoZrNb}$  合金などの軟磁性材料からなる厚さ  $1 \sim 2\mu\text{m}$  程度の下側磁気シールド層12が形成されている。

【0022】下側磁気シールド層12上には、 $\text{AlOx}$  などの非磁性絶縁材料からなる厚さ  $150\text{nm}$  程度の下側再生磁気ギャップ13を介して、磁気抵抗効果膜(MR膜)14が形成されている。MR膜14の両端部には、それぞれMR膜14にセンス電流を供給するリード電極15が接続されている。これらMR膜14およびリード電極15は再生素子部を構成している。

【0023】MR膜14およびリード電極15上には、下側再生磁気ギャップ13と同様な非磁性絶縁材料からなる上側再生磁気ギャップ16を介して、上側磁気シールド層17が形成されている。上側磁気シールド層17は下側磁気シールド層12と同様な軟磁性材料からなる。これら各構成要素によって、再生ヘッドとしてのシールド型MRヘッド18が構成されている。

【0024】上述したシールド型MRヘッド18上には、記録ヘッドとして薄膜磁気ヘッド19が形成されている。薄膜磁気ヘッド19の下部記録磁極は、上側磁気シールド層17と同一の磁性層により構成されている。すなわち、シールド型MRヘッド18の上側磁気シールド層17は、薄膜磁気ヘッド19の下部記録磁極を兼ねている。この上側磁気シールド層を兼ねる下部記録磁極

17上には、 $\text{AlO}_x$ などの非磁性絶縁材料からなる記録磁気ギャップ20が形成されている。

【0025】記録磁気ギャップ20上には、媒体対向面の近傍部分が後に詳述する磁極チップ21aとそれより幅広の補助磁極21bとにより構成された上部記録磁極21が設けられている。媒体対向面より後方側には、上部磁極チップ21aとの積層部から後方側に伸びる上部補助磁極21bの下側に、Cuなどからなるコイル22が形成されている。言い換えると、上部補助磁極21bと下部記録磁極17との間にコイル22が配置されている。コイル22は図示を省略したポリイミドなどの絶縁層内に埋め込まれている。これら各構成要素によって、記録ヘッドとしての薄膜磁気ヘッド19の主要部が構成されている。

【0026】次に、記録磁極17、21の媒体対向面近傍部分について、図2～図11を参照して詳述する。

【0027】上部記録磁極21の媒体対向面近傍部分は、例えば図2に示すように、記録磁気ギャップ20側に配置された磁極チップ21aと、この磁極チップ21aの上側に位置する補助磁極21bとを有している。磁極チップ21aは、所定のトラック幅 $W_0$ で記録磁気ギャップ20と接しており、磁極先端部を構成している。補助磁極21bは磁極チップ21aより広い幅を有している。これら磁極チップ21aと補助磁極21bはT字型磁極を構成している。

【0028】このようなT字型の上部記録磁極21は、少なくとも媒体対向面の近傍部分が飽和磁束密度が異なる2種類またはそれ以上の磁性材料層の積層膜により構成されている。具体的には、上部記録磁極21は飽和磁束密度 $B_{s1}$ を有する第1の磁性材料層23と、飽和磁束密度 $B_{s1}$ より小さい飽和磁束密度 $B_{s2}$  ( $B_{s2} < B_{s1}$ )を有する第2の磁性材料層24との積層膜を有している。

【0029】第1および第2の磁性材料層23、24には、第2の磁性材料層24に比べて第1の磁性材料層23の方がより大きな飽和磁束密度を有する組合せが適用される。第1の磁性材料層23には、例えば $\text{Ni}_{50}\text{Fe}_{50}$ 合金、 $\text{CoFe}$ 合金、窒化鉄系材料のような飽和磁束密度が大きい磁性材料（高Bs磁性材料）が用いられる。この場合、第2の磁性材料層24には飽和磁束密度が比較的小さいパーマロイ ( $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ など)、アモルファス $\text{CoFeZr}$ 合金、センダストなどが用いられる。 $B_{s1} > B_{s2}$ の関係を満足する組合せであれば、上記した組合せ以外のものを適用することも可能である。

【0030】高飽和磁束密度を有する第1の磁性材料層23には、例えば図3に示すような第1の磁性膜25と第2の磁性膜26との多層膜27、あるいは図4に示すような磁性膜25と非磁性膜28との多層膜29などを使用することも可能である。このような多層膜27、2

9には種々の材料の組合せを適用することができる。特に、高飽和磁束密度、高透磁率といった磁気的な性質が得られる組合せ、および渦電流損失を抑えるために電気抵抗がより大きくなるような組合せを適用することが好ましい。

【0031】多層膜27には、例えばFe系合金と $\text{CoZrNb}$ のようなアモルファス合金や結晶粒径の異なるものと組合せを適用することができる。このような多層膜27によれば磁性粒子を微粒子化することができ、軟磁気特性の向上に寄与する。多層膜29には、例えばFe系合金と $\text{SiO}_x$ のような絶縁体との組合せを適用することができる。このような多層膜29によれば電気抵抗を高くすることができ、うず電流損失の低減に寄与する。これら多層膜27、29は第2の磁性材料層24に使用することもできる。

【0032】第1の磁性材料層23と第2の磁性材料層24との積層膜において、高飽和磁束密度を有する第1の磁性材料層23は、上部磁極チップ21aとその近傍の上部補助磁極21bの一部を構成している。具体的には、上部磁極チップ21aと上部補助磁極21bの底部に相当する厚さ $0.3\mu\text{m}$ 程度の部分とが、第1の磁性材料層23により形成されている。厚さ $3\mu\text{m}$ 程度の上部補助磁極21bの残余の部分は、第2の磁性材料層24により構成されている。

【0033】ここで、上部補助磁極21bの底部に相当する高Bs材料層（第1の磁性材料層23の一部）は、その厚さがあまり厚いと磁界傾度の改善効果が損われ、逆に薄すぎると磁気飽和を防ぐことができなくなる。従って、第1の磁性材料層23による上部補助磁極21bの底部に相当する部分は、 $0.1\sim 0.5\mu\text{m}$ 程度の厚さとすることが好ましい。

【0034】図2に示した磁極構造は、まず $\text{SiO}_x$ などからなる絶縁層30に形成したトレンチ31の内部に、スパッタ法などで高Bs材料（第1の磁性材料23）を埋め込み形成して上部磁極チップ21aを形成する。この上部磁極チップ21aに相当する部分の上側を平坦化した後、さらに上部補助磁極21bの底部に相当する部分に、高Bs材料層（第1の磁性材料層23）を積層する。この上に低Bs材料層（第2の磁性材料層24）を形成する。

【0035】上部補助磁極21bは、通常のPEP（フォトリソグラフィプロセス）などでパターンニングすることにより形成することができる。また、上部磁極チップ21aから上部補助磁極21bの底部に相当する部分まで、第1の磁性材料層23を連続成膜し、その上に第2の磁性材料層24を形成した後、上部補助磁極21bの形状に応じてパターンニングしてもよい。

【0036】第1の磁性材料層23により構成される上部補助磁極21bの一部は、図2に示したように、上部補助磁極21bの底面部分に一樣に形成しなければなら

ないものではない。例えば、図5に示すように、上部磁極チップ21aから上部補助磁極21bに向けて第1の磁性材料層23が突出したような形状とすることもできる。このような構造は、高Bsの第1の磁性材料層23で上部磁極チップ21aを形成する際に、例えばめっきプロセスを適用することで実現できる。

【0037】すなわち、めっきプロセスを適用した第1の磁性材料層23で上部磁極チップ21aを形成すると、第1の磁性材料層23が上部磁極チップ21aから上側に盛り上がった形状となる。この盛り上がり部分は上部補助磁極21bの一部として使用することができる。その上に第2の磁性材料層24を成膜し、これを上部補助磁極21bの形状にパターンニングすることによって、図5に示した磁極構造が得られる。

【0038】ここで、図2や図5に示したT字型磁極からなる上部記録磁極21において、第1の磁性材料層23からなる上部補助磁極21bの一部と、第2の磁性材料層24からなる上部補助磁極21bの残余の部分とが接する部分の幅 $W_1$ は、第1の磁性材料層23と第2の磁性材料層24の飽和磁束密度の比に応じて、トラック幅（磁極チップ21aの記録磁気ギャップ20と接する部分の幅） $W_0$ より広く設定することが好ましい。

【0039】すなわち、第1の磁性材料層23の飽和磁束密度 $Bs_1$ および第2の磁性材料層24の飽和磁束密度 $Bs_2$ に応じて、 $W_1/W_0 \geq Bs_1/Bs_2$ の関係を満足するように、接続部の幅 $W_1$ とトラック幅 $W_0$ の比を設定することが好ましい。 $W_1$ と $W_0$ の比（ $W_1/W_0$ ）を飽和磁束密度の比（ $Bs_1/Bs_2$ ）より大きく設定することによって、第1の磁性材料層23と第2の磁性材料層24との積層部分で磁気飽和させることなく、上部磁極チップ21aのギャップ対向部分だけが磁気飽和するような記録電流を流すことができる。

【0040】上述したように、高Bsの第1の磁性材料層23を上部磁極チップ21aのみならず、上部補助磁極21bの底部側の一部にまで適用し、その上に低Bsの第2の磁性材料層24で上部補助磁極21bの残余の部分形成することによって、トラック幅 $W_0$ に対応する幅の狭い上部磁極チップ21aと上部補助磁極21bとの接続部分での磁気飽和を抑制することができる。従って、狭トラック化を進めた場合においても、良好な記録磁界強度と磁界傾度を得ることが可能となる。このような効果は記録トラック幅 $W_0$ を $1.8\mu\text{m}$ 以下と狭トラック化した場合に特に有効である。

【0041】さらに、記録トラック幅 $W_0$ が $1.8\mu\text{m}$ 以下というような薄膜磁気ヘッドにおいて、記録磁界強度を上げるために記録電流を増加させた際に、それに見合っ

【0042】加えて、上部補助磁極21bの一部を高Bsの第1の磁性材料層23で構成し、上部磁極チップ21aにより多くの磁束を流すことによって、上部補助磁極21bのコーナー部に流れる磁束量を減らすことができる。従って、コーナー部から下部磁極17に向けて漏れだす磁界が小さくなり、不要な記録を抑制することが可能なる。従来のT字型磁極のように、上部補助磁極の全てを低Bsの軟磁性層で形成した場合、磁極チップと補助磁極との接続部で磁気飽和が起こり、そのために他の部分に磁束が流れやすくなる。特に、磁束が集中する上部補助磁極のコーナー部からの漏れ磁界によって、余計な部分に記録されるという不都合があった。従来の磁極構造では、接続部が磁気飽和に至らない状態であっても、上部補助磁極のコーナー部からの漏れ磁界が問題となっていた。本発明によればこのような点を解消することができる。

【0043】さらに、従来の記録ヘッドは、狭トラック化した場合に、記録磁気ギャップの媒体対向面の奥行き方向の長さ（スロートハイト）を短くする必要があった。これに対して、上部補助磁極21bの幅を広くした上で接続部分での磁気飽和を防ぐことによって、十分な磁束が補助磁極21b部分を通して磁極チップ21aに供給される。従って、スロートハイトを長くすることができる。

【0044】例えば、図2や図5に示した上部記録磁極21を適用し、スロートハイトを $5\mu\text{m}$ とした記録ヘッドを用いて、保磁力が $\sim 2100\text{Oe}$ の磁気記録媒体に記録を行ったところ、オーバーライト特性でおよそ38dBとなり、十分な記録磁界が発生していた。従来の記録ヘッドでは、オーバーライト特性のスロートハイト依存性が大きく、同じく再生出力のストライプハイト依存性が大きなMR再生素子やGMR再生素子と一体化した場合に、スロートハイトエンドとストライプハイトエンドのアライメントずれによりABS面の追込み加工マージンが非常に小さくなってしまふ。本発明の薄膜磁気ヘッドはスロートハイトマージンが数 $\mu\text{m}$ オーダーで存在し、これにより製造歩留りを大きく向上させることができる。

【0045】図2および図5に示した磁極構造は、上部記録磁極21の媒体対向面近傍部分を、高Bsの第1の磁性材料層23と低Bsの第2の磁性材料層24との2層積層膜で構成した例である。上部記録磁極21の媒体対向面近傍部分は、例えば図6および図7に示すように、3層以上の磁性材料層の積層膜で構成することも可能である。

【0046】図6および図7に示す磁極は、上部磁極チップ21aのさらに先端に、すなわち上部磁極チップ21aの記録磁気ギャップ20と接する部分のみに、第1の磁性材料層23よりさらに大きな飽和磁束密度 $Bs_3$ （ $Bs_3 > Bs_1$ ）を有する第3の磁性材料層32を配置している。第3の磁性材料層32には、例えば厚さ0.

2 $\mu$ m 程度のFeZrNやFeNなどの窒化鉄材料が用いられる。

【0047】すなわち、上部記録磁極21の媒体対向面近傍部分は、最も大きい飽和磁束密度Bs<sub>3</sub>を有する第3の磁性材料層32と、高Bs材料(Bs<sub>1</sub>)からなる第1の磁性材料層23と、低Bs材料(Bs<sub>2</sub>)からなる第2の磁性材料層24との積層膜により構成されている。これら磁性材料層32、23、24には、それぞれの飽和磁束密度がBs<sub>3</sub>>Bs<sub>1</sub>>Bs<sub>2</sub>の関係を満足する種々の磁性材料の組合せを適用することができる。このような磁極によれば、さらに磁界強度を増加させることができると共に、磁界傾度をより急峻にすることが可能となる。

【0048】上述した実施形態では、上部記録磁極21のみをT字型磁極とした例について述べたが、例えば図8および図9に示すように、上部記録磁極21と記録磁気ギャップ20を挟んで対向する下部記録磁極17についても、記録磁気ギャップ20に向けて凸状のT字型磁極とすることができる。例えば、下部記録磁極17をトラック幅相当の幅を残して0.5 $\mu$ m程度トリミングすることにより、上方に向けて凸状の下部磁極チップ17aとそれより幅広の下部補助磁極17bを有する下部記録磁極17が得られる。

【0049】図8や図9に示した磁極構造を採用することによって、トラック幅方向の記録磁界の急峻性が増し、狭トラック記録に対してさらに有利となる。下部記録磁極17についても、高Bsの第1の磁性材料層23により下部磁極チップ17aとその近傍の下部補助磁極17bの一部を構成し、かつ下部補助磁極17bの残余の部分を低Bsの第2の磁性材料層24で構成することが好ましい。さらに、図10や図11に示すように、下部磁極チップ17aおよび上部磁極チップ21aの記録磁気ギャップ20と接するのみに部分に、それぞれ第1の磁性材料層23よりさらに飽和磁束密度が大きい第3の磁性材料層32を配置してもよい。

【0050】前述した磁極チップ21aと補助磁極21bとが接する部分の幅とトラック幅と比と、第1の磁性材料層23と第2の磁性材料層24の飽和磁束密度の比との関係は、通常のT字型磁極に適用した場合にも有効である。

【0051】すなわち、図12に示す磁極構造において、上部記録磁極21の媒体対向面近傍部分は、所定のトラックW<sub>0</sub>で記録磁気ギャップ20と接する磁極チップ21aと、この磁極チップ21aの上側に位置し、かつそれより幅広の補助磁極21bとを有している。

【0052】上部磁極チップ21aは、例えばNi<sub>50</sub>Fe<sub>50</sub>合金のような飽和磁束密度が大きい磁性材料からなる第1の磁性材料層23により形成されている。上部補助磁極21bは、飽和磁束密度が比較的小さいパーマロイ(Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>など)やアモルファスCoFeZr合

金などからなる第2の磁性材料層24により形成されている。上部記録磁極21の媒体対向面近傍部分は、これらの積層膜により構成されている。第1の磁性材料層23および第2の磁性材料層24の構成材料は、前述した実施形態と同様である。

【0053】上部磁極チップ21aは、第1の磁性材料層23と第2の磁性材料層24の飽和磁束密度の比に応じて、上部補助磁極21bと接する部分の幅W<sub>2</sub>がトラック幅(記録磁気ギャップ20と接する幅)W<sub>0</sub>より広く設定されている。すなわち、W<sub>2</sub>/W<sub>0</sub>≥Bs<sub>1</sub>/Bs<sub>2</sub>の関係を満足している。

【0054】上記したような磁極形状は、以下のようにして得ることができる。すなわち、まずSiO<sub>2</sub>などからなる絶縁層30にPEPとケミカルドライエッチングなどでトレンチ31を形成する際に、エッチング条件などによりトレンチ31の側壁角度を調節する。このようなトレンチ31の内部にスパッタ法などで高Bsの第1の磁性材料層23を埋め込み形成する。

【0055】このように、上部磁極チップ21aの各幅の比(W<sub>21</sub>/W<sub>0</sub>)を飽和磁束密度の比(Bs<sub>1</sub>/Bs<sub>2</sub>)より大きく設定することによって、上部磁極チップ21aのギャップ対向部分が磁気飽和するような記録電流を流した場合においても、上部磁極チップ21aと上部補助磁極21bとの接続部分(積層部分)における磁気飽和を回避することができる。これによって、磁界強度の低下や磁界傾度の劣化などを抑制することが可能となる。

【0056】例えば、第1の磁性材料層23に飽和磁束密度Bs<sub>1</sub>が1.5TのNi<sub>50</sub>Fe<sub>50</sub>合金を用い、第2の磁性材料層24に飽和磁束密度Bs<sub>2</sub>が1.2TのアモルファスCoFeZr合金を用いた際に、記録磁気ギャップ20と対向する上部磁極チップ21aの幅(トラック幅)W<sub>0</sub>を1.2 $\mu$ mとする。このような場合に、上部磁極チップ21aの上部補助磁極21bと接する部分の幅W<sub>2</sub>、すなわちT字型磁極の付け根の部分の幅を1.2×(1.5/1.2)=1.5 $\mu$ m以上とする。これによって、上部磁極チップ21aのギャップ対向部分が磁気飽和するような記録電流を流した場合においても、上部磁極チップ21aと上部補助磁極21bとの接続部分(積層部分)での磁気飽和を回避することができる。これによって、優れた磁界強度や磁界傾度を有する薄膜磁気ヘッドを実現することが可能となる。

【0057】上述したような薄膜磁気ヘッドについても、例えば図13に示すように、下部記録磁極17を記録磁気ギャップ20に向けて凸状のT字型磁極とすることができる。さらに、下部記録磁極17についても、下部磁極チップ17aを高Bsの第1の磁性材料層23で形成し、下部補助磁極17bを低Bsの第2の磁性材料層24で形成することが好ましく、この際に飽和磁束密度の比(Bs<sub>1</sub>/Bs<sub>2</sub>)に応じて、下部磁極チップ1

7aの下部補助磁極17bと接する幅 $W_3$ が記録磁気ギャップ20と接する幅 $W_0$ より広く設定することが好ましい。すなわち、 $W_3/W_0 \geq B_{s1}/B_{s2}$ の関係を満足させることが好ましい。

【0058】なお、上述した各実施形態においては、本発明によるT字型磁極構造を主としてトレンチ内に磁性材料をうめ込み形成する構造（トレンチボール構造）に適用する場合について説明したが、本発明の薄膜磁気ヘッドの構造はこれに限られるものではない。例えば、特開平7-296328号公報記載のノッチ構造体や、米国特許5、283,942号公報等に記載されている、先に形成した構造体に磁極先端部を埋め込み形成した構造等に、本発明の磁気ヘッドを適用することができる。

【0059】次に、本発明の第2の磁気ヘッドの実施形態について、図14および図15を参照して説明する。図14は本発明の第2の磁気ヘッドの一実施形態の要部構成を示す斜視図ある。なお、図14は記録ヘッドとしての薄膜磁気ヘッドの要部のみを示している。この実施形態の薄膜磁気ヘッドの全体構造、およびそれを録再分離型磁気ヘッドに適用する場合の全体構造は、図1と同様である。

【0060】図14に示す薄膜磁気ヘッドは、下部磁極（下部記録磁極）41と、その上に順に形成された磁気ギャップ（記録磁気ギャップ）42および上部磁極（上部記録磁極）43とを有している。下部磁極41および磁気ギャップ42は、前述した実施形態と同様な材料からなる。

【0061】上部磁極43は、少なくとも媒体対向面の近傍部分が飽和磁束密度が異なる2種類またはそれ以上の磁性材料層の積層膜により構成されている。具体的には、上部磁極43は飽和磁束密度 $B_{s1}$ を有する第1の磁性材料層45と、飽和磁束密度 $B_{s1}$ より小さい飽和磁束密度 $B_{s2}$ （ $B_{s2} < B_{s1}$ ）を有する第2の磁性材料層46との積層膜44を有している。

【0062】これら第1および第2の磁性材料層45、46には、前述した実施形態と同様な磁性材料の組合せが適用される。さらに、高 $B_s$ の第1の磁性材料層45には、図3に示した種類の異なる磁性膜の多層膜や、図4に示した磁性膜と非磁性膜との多層膜などを適用することも可能である。これら多層膜の材料の組合せについても同様である。第2の磁性材料層46に多層膜を適用することもできる。

【0063】第1の磁性材料層45と第2の磁性材料層46との積層膜44からなる上部磁極43の媒体対向面近傍部分は、例えば積層方向からFIB（Focused Ion Beam）加工を施すことによって、記録トラック幅 $W_0$ に

じた形状とされている。すなわち、積層膜44の媒体対向面の幅はトラック幅 $W_0$ に対応しており、磁気ギャップ42側に位置する高 $B_s$ の第1の磁性材料層45はトラック幅 $W_0$ で磁気ギャップ42と接している。

【0064】この実施形態の薄膜磁気ヘッドは、トラック幅 $W_0$ を $1.8\mu\text{m}$ 以下と狭トラック化したものである。このような薄膜磁気ヘッドの先端部の加工にFIBを適用することによって、幅 $1.8\mu\text{m}$ 以下という記録トラック幅 $W_0$ に対応させた上部磁極43を精度よく得ることができる。上部磁極43の先端部は、通常のPEP工程を適用して加工することも可能であるが、その場合には加工精度を向上させるために、PEP時の露光に波長の短い光を使用することが好ましい。

【0065】このように、記録トラック幅 $W_0$ を $1.8\mu\text{m}$ 以下と狭トラック化した磁気ヘッドに対応させるために、高 $B_s$ の第1の磁性材料層45の厚さ $t$ は $0.5\mu\text{m}$ 以上とされている。すなわち、従来のトラック幅が比較的広い場合には、磁束の集中が少ないために、ギャップ近傍の極狭い領域のみに高 $B_s$ の磁性材料を配置することによって、磁界傾度を大きくしていた。

【0066】記録トラック幅 $W_0$ を $1.8\mu\text{m}$ 以下と狭トラック化した場合には、磁束の集中が激しく磁気飽和の影響が大きくなる。このため、本発明の第2の磁気ヘッドでは、高 $B_s$ の第1の磁性材料層45の厚さを $0.5\mu\text{m}$ 以上と厚くしている。これによって、良好な記録磁界強度と磁界傾度を得ることができる。ただし、高 $B_s$ の第1の磁性材料層45の厚さを厚くしすぎると、磁界傾度の改善効果が損われることから、第1の磁性材料層45の厚さは $2.0\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。上述したように、記録トラック幅 $W_0$ を $1.8\mu\text{m}$ 以下と狭トラック化する場合に、高 $B_s$ の第1の磁性材料層45の厚さ $t$ を $0.5\mu\text{m}$ 以上と厚くすることによって、トラック幅 $W_0$ に対応させた上部磁極43の先端部における第1の磁性材料層45と第2の磁性材料層46との積層部分での磁気飽和を抑制することができる。従って、記録トラック幅 $W_0$ を $1.8\mu\text{m}$ 以下とした場合においても、良好な記録磁界強度と磁界傾度を得ることが可能となる。

【0067】表1に、記録トラック幅 $W_0$ と高 $B_s$ の第1の磁性材料層45の厚さ $t$ を変化させた場合の磁界強度と磁界傾度の関係を示す。ここでは、第1の磁性材料層45に飽和磁束密度 $B_{s1}$ が $1.4\text{T}$ の $\text{Ni}_{50}\text{Fe}_{50}$ を用い、第2の磁性材料層46に飽和磁束密度 $B_{s2}$ が $0.9\text{T}$ の $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ を用いた。

【0068】

【表1】

15

16

	第1の磁性材料層45の厚さt			
	0.3 $\mu\text{m}$		1.0 $\mu\text{m}$	
	磁界強度	磁界傾度	磁界強度	磁界傾度
トラック幅 1 $\mu\text{m}$	×	×	○	○
$W_0$ 2 $\mu\text{m}$	○	○	○	×

表1に示すように、記録トラックが比較的広い場合には、高Bsの第1の磁性材料層45の厚さtを薄くすることにより、良好な磁界強度と磁界傾度が得られる。これに対して、記録トラックを狭トラック化する場合に、高Bsの第1の磁性材料層45の厚さtを厚くすることによって、良好な磁界強度と磁界傾度を得られることが分かる。

【0069】上部磁極43の媒体対向面近傍部分は、図6や図7に示したように、3層以上の磁性材料層の積層膜で構成することも可能である。すなわち、上部磁極43の媒体対向面近傍部分は、最も大きい飽和磁束密度Bs<sub>3</sub>を有する第3の磁性材料層と、高Bs材料(Bs<sub>1</sub>)からなる第1の磁性材料層と、低Bs材料(Bs<sub>2</sub>)からなる第2の磁性材料層との積層膜により構成することができる。この場合の磁性材料の組合せは前述した実施形態と同様とすることが好ましい。このような磁極によれば、さらに磁界強度を増加させることができると共に、磁界傾度をより急峻にすることが可能となる。

【0070】上述した実施形態では、上部磁極43の先端部のみを記録トラック幅W<sub>0</sub>に対応させた形状に加工した例について説明したが、例えば図15に示すように、下部磁極41の磁気ギャップ42と接する部分41aを同様な形状に加工してもよい。この場合、下部磁極41は上部磁極43の先端部をマスクとして、その一部(41a)を上部磁極43と同時に加工することができる。このような磁極構造によれば、トラック幅方向の記録磁界の急峻性が増し、狭トラック記録に対してさらに有利となる。

【0071】なお、下部磁極41についても、高Bsの第1の磁性材料層と低Bsの第2の磁性材料層とで構成することが好ましい。さらに、下部磁極41の磁気ギャップ42と接する部分のみに、第1の磁性材料層よりさらに飽和磁束密度が大きい第3の磁性材料層を配置してもよい。

【0072】次に、本発明の第3の磁気ヘッドの実施形態について、図16および図17を参照して説明する。図16は本発明の第3の磁気ヘッドの一実施形態の要部構成を示す斜視図である。なお、図16は記録ヘッドとしての薄膜磁気ヘッドの要部のみを示している。この実施形態の薄膜磁気ヘッドの全体構造、およびそれを録再分離型磁気ヘッドに適用する場合の全体構造は、図1と同様である。

【0073】図16に示す薄膜磁気ヘッドは、下部磁極\*

51と、その上に順に形成された磁気ギャップ(記録磁気ギャップ)52および上部磁極(上部記録磁極)53とを有している。下部磁極51および磁気ギャップ52は、前述した実施形態と同様な材料からなる。

【0074】上部磁極53は、少なくとも媒体対向面の近傍部分が飽和磁束密度が異なる2種類またはそれ以上の磁性材料層の積層膜により構成されている。具体的には、上部磁極53は飽和磁束密度Bs<sub>1</sub>を有する第1の磁性材料層55と、飽和磁束密度Bs<sub>1</sub>より小さい飽和磁束密度Bs<sub>2</sub>(Bs<sub>2</sub><Bs<sub>1</sub>)を有する第2の磁性材料層56との積層膜54を有している。

【0075】これら第1および第2の磁性材料層55、56には、前述した実施形態と同様な磁性材料の組合せが適用される。さらに、高Bsの第1の磁性材料層55には、図3に示した種類の異なる磁性膜の多層膜や、図4に示した磁性膜と非磁性膜との多層膜などを適用することも可能である。これら多層膜の材料の組合せについても同様である。第2の磁性材料層56に多層膜を適用することもできる。

【0076】第1の磁性材料層55と第2の磁性材料層56との積層膜54からなる上部磁極53の媒体対向面近傍部分には、例えば媒体対向面側からFIB加工を施すことによって、媒体対向面の幅W<sub>0</sub>が1.8 $\mu\text{m}$ 以下、媒体対向面に対して垂直方向の高さhが2 $\mu\text{m}$ 以下の形状を有する凸部53aが形成されている。このような凸部53aによって、媒体対向面が構成されている。

【0077】上部磁極53の先端部を構成する凸部53aは、媒体対向面に向けて突出した形状を有する。凸部53aを構成している第1の磁性材料層55は、媒体対向面においてトラック幅W<sub>0</sub>で磁気ギャップ52と接している。このような凸部53aの媒体対向面方向への高さhは2 $\mu\text{m}$ 以下とされている。トラック幅W<sub>0</sub>を1.8 $\mu\text{m}$ 以下とする場合に、凸部53aの高さhが2 $\mu\text{m}$ を超えると、記録磁界強度が大幅に低下する。

【0078】この実施形態の薄膜磁気ヘッドは、トラック幅W<sub>0</sub>を1.8 $\mu\text{m}$ 以下と狭トラック化したものである。このような薄膜磁気ヘッドの先端部の加工に媒体対向面からのFIB加工を適用し、上部磁極53の先端を凸部53aとすることによって、幅1.8 $\mu\text{m}$ 以下という記録トラック幅W<sub>0</sub>に対応させた上部磁極53を精度よく得ることができる。上部磁極53の凸部53aは、通常のPEP工程を適用して加工することも可能である。

が、その場合には加工精度を向上させるために、PEP時の露光に波長の短い光を使用することが好ましい。

【0079】このように、記録トラック幅 $W_0$ を $1.8\mu\text{m}$ 以下と狭トラック化した磁気ヘッドに対応させるために、高Bsの第1の磁性材料層55の厚さは $0.5\mu\text{m}$ 以上とされている。記録トラック幅 $W_0$ を $1.8\mu\text{m}$ 以下と狭トラック化した場合には、磁束の集中が激しく磁気飽和の影響が大きくなる。このため、本発明の第3の磁気ヘッドでは、高Bsの第1の磁性材料層55の厚さを $0.5\mu\text{m}$ 以上と厚くしている。これによって、良好な記録磁界強度と磁界傾度を得ることができる。ただし、高Bsの第1の磁性材料層55の厚さを厚くしすぎると、磁界傾度の改善効果が損われることから、第1の磁性材料層55の厚さは $2.0\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。

【0080】上述したように、記録トラック幅 $W_0$ を $1.8\mu\text{m}$ 以下と狭トラック化する場合に、高Bsの第1の磁性材料層55の厚さを $0.5\mu\text{m}$ 以上と厚くすることによって、トラック幅 $W_0$ に対応させた凸部53aにおける第1の磁性材料層55と第2の磁性材料層56との積層部分での磁気飽和を抑制することができる。従って、記録トラック幅 $W_0$ を $1.8\mu\text{m}$ 以下とした場合においても、良好な記録磁界強度と磁界傾度を得ることが可能となる。

【0081】上部磁極53の媒体対向面近傍部分は、図6や図7に示したように、3層以上の磁性材料層の積層膜で構成することも可能である。すなわち、上部磁極53の媒体対向面近傍部分は、最も大きい飽和磁束密度Bs<sub>3</sub>を有する第3の磁性材料層と、高Bs材料(Bs<sub>1</sub>)からなる第1の磁性材料層と、低Bs材料(Bs<sub>2</sub>)からなる第2の磁性材料層との積層膜により構成することができる。この場合の磁性材料の組合せは前述した実施形態と同様とすることが好ましい。このような磁極によれば、さらに磁界強度を増加させることができると共に、磁界傾度をより急峻にすることが可能となる。

【0082】上述した実施形態では、上部磁極53の先端部のみを記録トラック幅 $W_0$ に対応させた凸部53aに加工した例について説明したが、例えば図17に示すように、下部磁極51の先端を同様な凸部51aに加工してもよい。この場合、下部磁極51は上部磁極53と同時に加工することができる。このような磁極構造によれば、トラック幅方向の記録磁界の急峻性が増し、狭トラック記録に対してさらに有利となる。

【0083】なお、下部磁極51についても、高Bsの第1の磁性材料層と低Bsの第2の磁性材料層とで構成することが好ましい。さらに、下部磁極51の磁気ギャップ52と接する部分のみに、第1の磁性材料層よりさらに飽和磁束密度が大きい第3の磁性材料層を配置してもよい。

【0084】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明

の磁気ヘッドによれば、狭トラック化する場合に磁極の先端部での磁気飽和を抑制することができる。これによって、記録トラックを狭トラック化する場合においても、優れた磁界強度および磁界傾度が得られる。従って、磁気記録密度の高密度化に適した磁気ヘッドを提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の磁気ヘッドを用いた録再分離型磁気ヘッドの一実施形態の要部構成を一部切り欠いて示す図である。

【図2】 本発明の第1の薄膜磁気ヘッドの第1の実施形態による媒体対向面近傍部分の磁極構造を示す図である。

【図3】 図2に示す薄膜磁気ヘッドの変形例を示す図である。

【図4】 図2に示す薄膜磁気ヘッドの他の変形例を示す図である。

【図5】 本発明の第1の薄膜磁気ヘッドの第2の実施形態による媒体対向面近傍部分の磁極構造を示す図である。

【図6】 図2に示す薄膜磁気ヘッドの磁極構造の変形例を示す図である。

【図7】 図5に示す薄膜磁気ヘッドの磁極構造の変形例を示す図である。

【図8】 本発明の第1の薄膜磁気ヘッドの第3の実施形態による媒体対向面近傍部分の磁極構造を示す図である。

【図9】 本発明の第1の薄膜磁気ヘッドの第4の実施形態による媒体対向面近傍部分の磁極構造を示す図である。

【図10】 図8に示す薄膜磁気ヘッドの磁極構造の変形例を示す図である。

【図11】 図9に示す薄膜磁気ヘッドの磁極構造の変形例を示す図である。

【図12】 本発明の磁極構造を他のT字型磁極に適用した一例を示す図である。

【図13】 本発明の磁極構造を他のT字型磁極に適用した他の例を示す図である。

【図14】 本発明の第2の薄膜磁気ヘッドの一実施形態の要部構成を示す斜視図である。

【図15】 図14に示す薄膜磁気ヘッドの変形例を示す斜視図である。

【図16】 本発明の第3の薄膜磁気ヘッドの一実施形態の要部構成を示す斜視図である。

【図17】 図16に示す薄膜磁気ヘッドの変形例を示す斜視図である。

【図18】 従来の一般的な薄膜磁気ヘッドの磁極構造を示す図である。

【図19】 従来の薄膜磁気ヘッドにおけるT字型磁極構造を示す図である。

19

20

【図20】 従来の薄膜磁気ヘッドにおけるT字型磁極構造の他の例を示す図である。

【符号の説明】

17、41、51……下部記録磁極

17a、21a……磁極チップ

17b、21b……補助磁極

19……薄膜磁気ヘッド

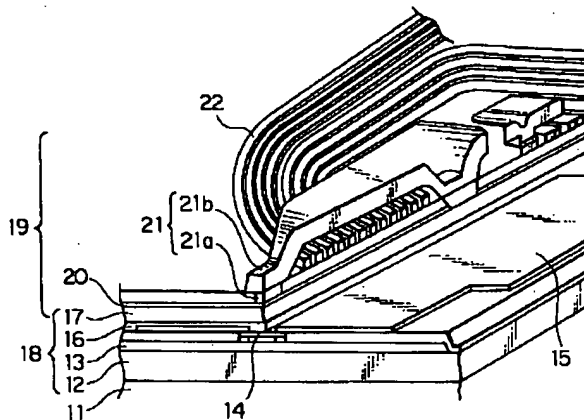
20、42、52……記録磁気ギャップ

21、43、53……上部記録磁極

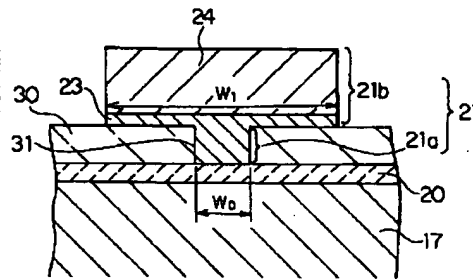
23、45、55……高Bsの第1の磁性材料層

24、46、56……低Bsの第2の磁性材料層

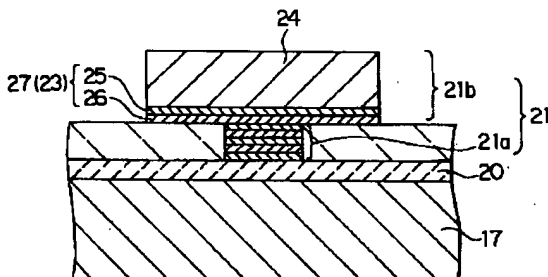
【図1】



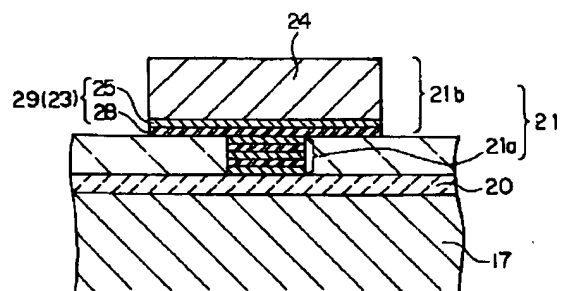
【図2】



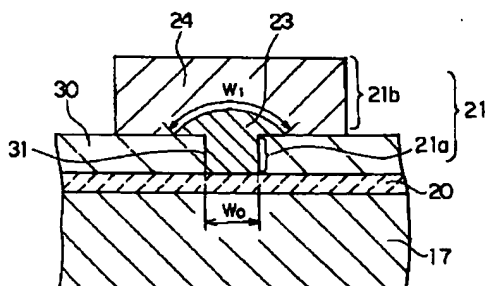
【図3】



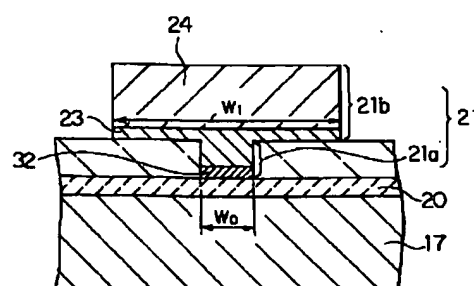
【図4】



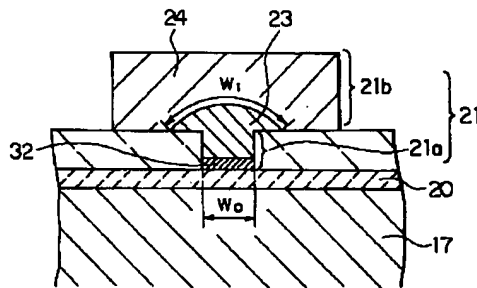
【図5】



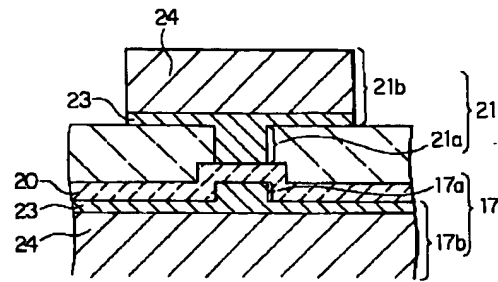
【図6】



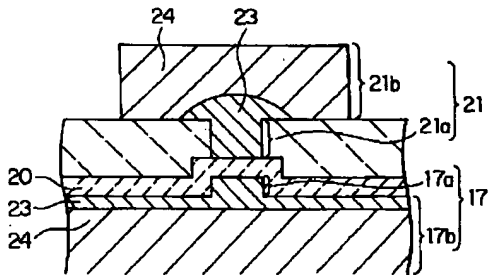
【図7】



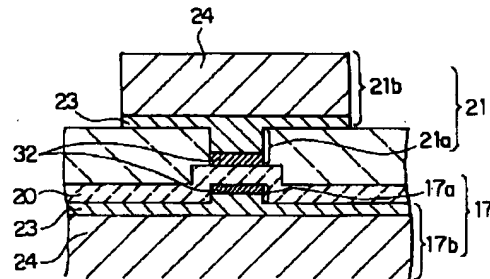
【図8】



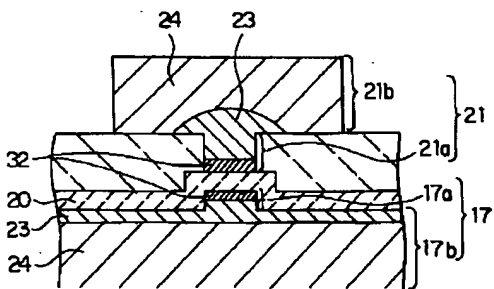
【図9】



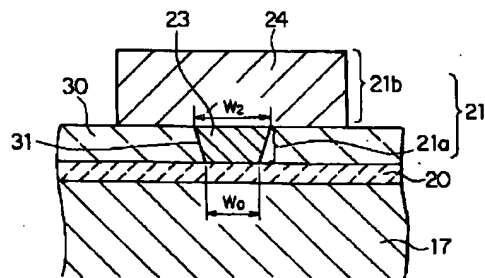
【図10】



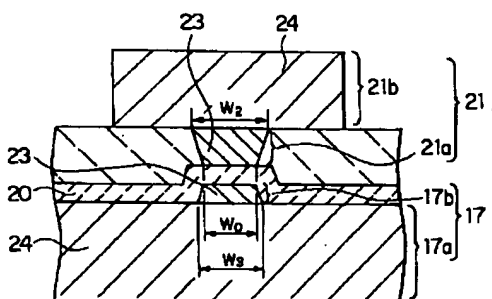
【図11】



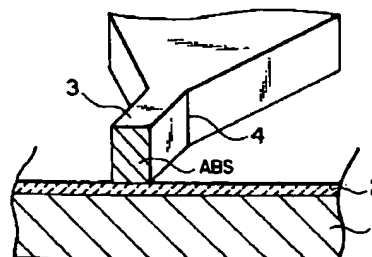
【図12】



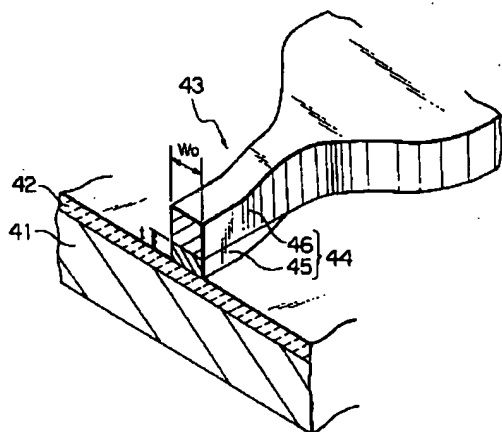
【図13】



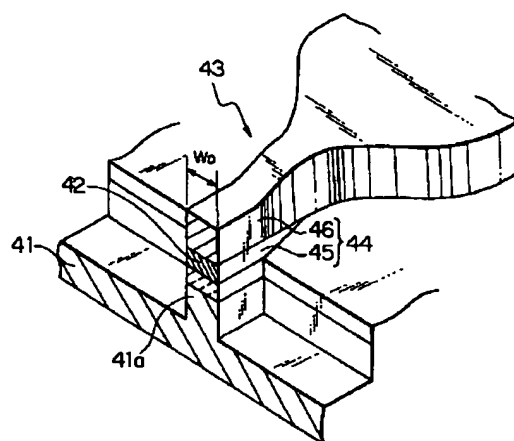
【図18】



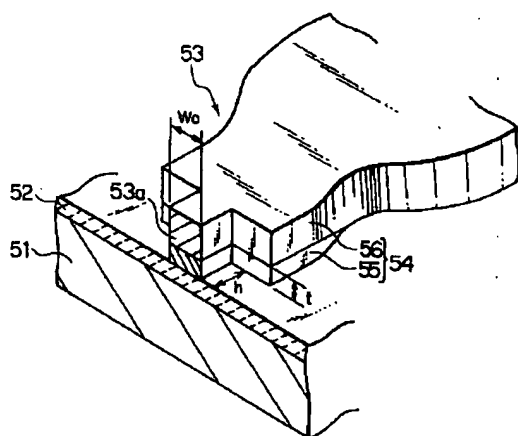
【図14】



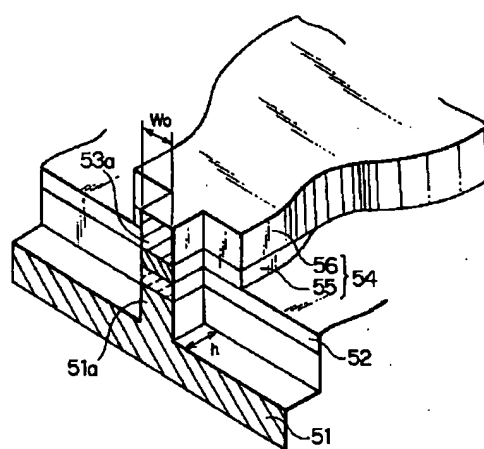
【図15】



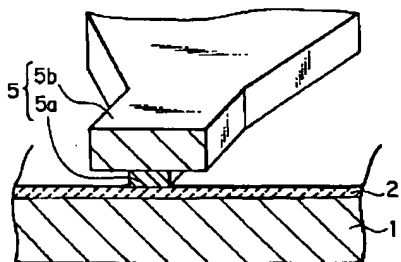
【図16】



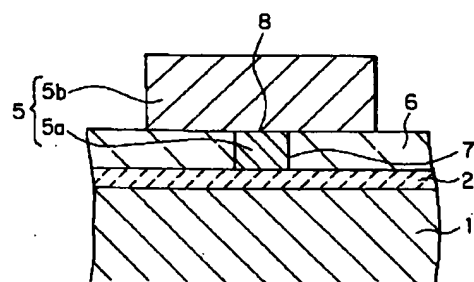
【図17】



【図19】



【図20】



## フロントページの続き

(72)発明者 坂田 浩実  
神奈川県川崎市幸区堀川町72 株式会社東  
芝川崎事業所内  
(72)発明者 原 通子  
神奈川県川崎市幸区堀川町72 株式会社東  
芝川崎事業所内

(72)発明者 堀 昭男  
神奈川県川崎市幸区堀川町72 株式会社東  
芝川崎事業所内  
(72)発明者 小泉 隆  
神奈川県川崎市幸区堀川町72 株式会社東  
芝川崎事業所内  
(72)発明者 永田 友彦  
神奈川県川崎市幸区堀川町72 株式会社東  
芝川崎事業所内